

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004年5月21日 (21.05.2004)

PCT

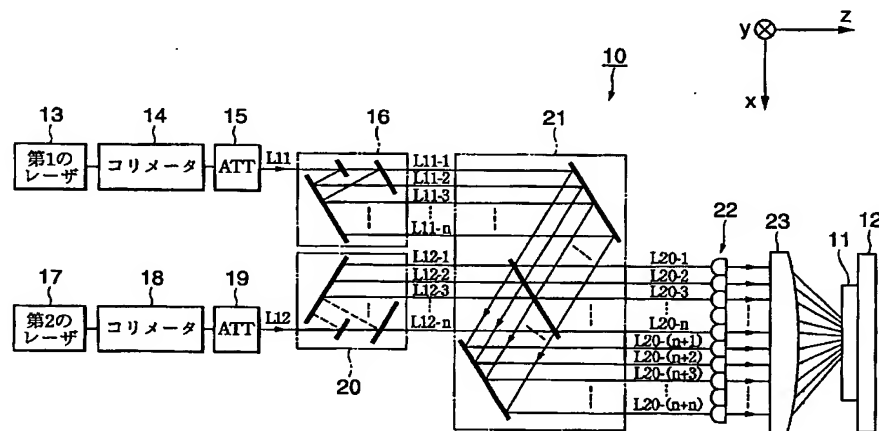
(10) 国際公開番号
WO 2004/042807 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 21/268, 21/20 (72) 発明者; および
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/013648 (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 月原 浩一 (TSUKIHARA, Koichi) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).
(22) 国際出願日: 2003年10月24日 (24.10.2003) 田附 幸一 (TATSUKI, Koichi) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語 (74) 代理人: 小池 晃, 外 (KOIKE, Akira et al.); 〒100-0011 東京都千代田区内幸町一丁目1番7号 大和生命ビル 11階 Tokyo (JP).
(30) 優先権データ: 特願2002-321704 2002年11月5日 (05.11.2002) JP (81) 指定国(国内): CN, KR, US.
(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): ソニー株式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 Tokyo (JP). 添付公開書類:
— 国際調査報告書

[続葉有]

(54) Title: LIGHT IRRADIATOR

(54) 発明の名称: 光照射装置



13...FIRST LASER
14...COLLIMATOR
17...SECOND LASER
18...COLLIMATOR

(57) Abstract: A light irradiator for use in a laser annealer comprising a first splitting section (16) and a second splitting section (20) for splitting a single laser beam into n laser beams, and a section (21) for combining an m-th laser beam (m is an integer between 1 and n) exiting from the first splitting section (16) and an m-th laser beam exiting from the second splitting section (20). The first splitting section (16) and the second splitting section (20) are composed of an identical optical member and located at inverted positions.

(57) 要約: 本発明は、レーザアニール装置に用いられる光照射装置であり、1本のレーザ光をn本のレーザ光に分割する第1の分割部(16)及び第2の分割部(20)と、第1の光分割部(16)から出射されたm(mは、1以上n以下の整数。)番目のレーザ光と、第2の光

[続葉有]



2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

分割部（20）から出射されたm番目の光ビームとを合成する合成部（21）とを備えている。第1の分割部（16）と第2の分割部（20）とは、互いに同一の光学部材により構成され、且つ、互いに反転した位置に配置されている。

明細書

光照射装置

技術分野

本発明は、例えば、ポリシリコン薄膜トランジスタの製造などに用いられるレーザーアニール装置等に適用されて有用な光照射装置に関する。

本出願は、日本国において2002年11月5日に出願された日本特許出願番号2002-321704を基礎として優先権を主張するものであり、この出願は参照することにより、本出願に援用される。

背景技術

近年、液晶ディスプレイ等の薄膜トランジスタのチャネル層にキャリア移動度の高いポリシリコン膜が用いられるようになっている。薄膜トランジスタのチャネル層に用いられるポリシリコン膜は、一般に、ガラス基板上のアモルファスシリコンにレーザー光を照射して熱処理をすることによって製造される。このようにレーザー光を照射して物質を熱処理する方法は、レーザーアニール処理と称され、レーザーアニール処理を行う装置は、レーザーアニール装置と称されている。

ポリシリコン膜を製造する場合、薄膜トランジスタの特性の悪化を防止するため、ビーム径内のエネルギー強度が均一となっているレーザー光によりレーザーアニールを行う必要がある。

ところが、コリメータ等で形成された平行光束は、ビーム径内のエネルギー強度分布がガウス分布となっている。つまり、通常の平行光束は、ビーム径の中心部分では強度が高く、光束の周縁部分では強度が低くなっている。そのため、レーザーアニール装置では、ビーム径内の強度分布がガウス分布となっているレーザー光から、スポットの中心部分から周縁部分まで均一な強度分布のレーザー光を形成し、そのレーザー光を用いて熱処理を行わなければならない。通常、レーザーアニール装

置では、レーザ発振器から出射されたレーザ光をコリメータ等で平行光束としたのち、フライアイレンズ等の光分割手段で複数の光束を作り、再度その光束を合成することによって、基板上のレーザ光の照射領域の強度分布を均一化している。

ところで、レーザ発振器の一つとして固体レーザがある。固体レーザは、半導体を除く結晶やガラスなどの透明物質を母体材料とし、母体材料中に希土類イオンや遷移金属イオンなどをドープした固体レーザ材料を光によって励起して、レーザ光の出射を行う装置である。

固体レーザは、出射するレーザ光が安定しており、寿命も長い。したがって、レーザアニール装置のレーザ光源として固体レーザを採用することによって、レーザアニール装置の一般的な光源として利用されているエキシマレーザを採用したときに生じる不安定性の問題点が解決されると考えられる。

固体レーザから出射されたレーザ光は、エキシマレーザから出射されたレーザ光と比較して干渉性が高い。したがって、レーザ光源として固体レーザを採用したときには、フライアイレンズによって分割された各レーザビームを合成すると、互いに干渉してしまう。干渉したレーザ光を用いた場合、照射スポット内に干渉縞が生じ、ビーム径内の強度分布を均一化することができない。

このような問題を解決するため、本出願人は、フライアイレンズの代わりに、1本のレーザ光を互いに干渉性のない複数のレーザ光に分割する分割光学手段を用いたレーザアニール装置を、日本国特許出願 特願2001-374922の明細書及び図面で提案した。

以下、上記特許出願で提案したレーザアニール装置について簡単に説明をする。図1に、上記特許出願で提案したレーザアニール装置の構成図を示す。

図1に示すレーザアニール装置100では、まず、レーザ光源101からレーザ光L120が出射される。レーザ光源101から出射されたレーザ光L120は、コリメータ102によって平行光とされた後に、光分割部103に入射される。

光分割部103は、第1及び第2のビームスプリッタ（以下、BSと略す）104、105と、反射鏡106とを備えている。第1のBS104の光分割面、第2のBS105の光分割面及び反射鏡106の光反射面は、全て平行に配置さ

れている。

コリメータ 102 によって平行光とされたレーザ光 L120 は、第 1 の BS104 に入射される。第 1 の BS104 は、レーザ光 L120 を透過光（以下、レーザ光 L121 と称する。）と反射光（以下、レーザ光 L122 と称する。）とに分離する。第 1 の BS104 は、1 : 1 の強度割合で透過光と反射光とを分割する。

レーザ光 L121 は、第 2 の BS105 に入射する。第 2 の BS105 は、入射されたレーザ光 L121 を、さらに、透過光（以下、レーザ光 L123 と称する。）と反射光（以下、レーザ光 L124 と称する。）とに分離する。第 2 の BS105 は、1 : 1 の強度割合で透過光と反射光とを分割する。

レーザ光 L123 は、第 1 の凸レンズ 107 に入射する。レーザ光 L124 は、反射鏡 106 によって反射された後に第 2 の凸レンズ 108 に入射する。

一方、レーザ光 L122 は、反射鏡 106 によって反射された後に、第 2 の BS105 に入射する。第 2 の BS105 は、入射されたレーザ光 L122 を、さらに、透過光（以下、レーザ光 L125 と称する。）と反射光（以下、レーザ光 L126 と称する。）とに分離する。第 2 の BS105 は、1 : 1 の強度割合で透過光と反射光とを分割する。

レーザ光 L125 は、第 3 の凸レンズ 109 に入射し、レーザ光 L126 は反射鏡 106 によって反射された後に第 4 の凸レンズ 111 に入射する。

以上のように生成された 4 本のレーザ光 L123、L124、L125、L126 は、互いに平行であり、その強度が全て分割前のレーザ光 L120 に対して $1/4$ となっている。

レーザ光 L123、レーザ光 L124、レーザ光 L125 及びレーザ光 L126 は、第 1～第 4 の凸レンズ 107～110 により、それぞれ一度集束した後に、コンデンサレンズ 111 へ入射する。そして、コンデンサレンズ 111 が、レーザ光 L123～L126 を、それぞれ基板 112 上の所定の範囲に照射する。

以上説明したレーザアニール装置 100 では、第 1 の BS104 の光分割面と第 2 の BS105 の光分割面との間の間隔 t と、第 1 の BS104 の光分割面と反射鏡 106 の反射面との間の間隔 t とが、レーザ光源 101 から出射されたレ

ーザ光の可干渉距離を L とし、各光分離面間及び光分離面と反射鏡との間の媒質の屈折率を n 、光分割面への入射光ビームの入射角を θ としたとき、次の式1を満たすように設定される。

$$t > L / (2 n \cos \theta) \quad \cdots (1)$$

従って、レーザ光 $L123 \sim L126$ は、同一のレーザ光源101から出射されたレーザ光であるにもかかわらず、全ての光路が可干渉距離以上となっており、互いに干渉しない。したがって、レーザアニール装置100は、干渉縞を生じさせることなく基板112上の所定の範囲を均一な強度で照射し、被照射物全体を均一に照射することが可能となる。

ところで、上述のレーザアニール装置100において、BS104、105の光の透過量と反射量との比は、理想的には1:1であることが望ましい。しかしながら、製造誤差等により、実際上の透過量と反射量との比は1:1とはならない。また、反射鏡106の反射率も、理想的には100パーセントであることが望ましい。しかしながら、製造誤差等により、実際上の反射率は、100パーセントよりも低くなってしまう。従って、光分割部103から出射されるレーザ光 $L123 \sim L126$ は、理想的には全て同一の強度であることが望ましいが、実際上、強度は同一とならない。

例えば、BS104、105の反射率と透過率との比の誤差を2パーセントとし、反射鏡106の反射率を99パーセントとした場合における、レーザ光 $L123 \sim L126$ の強度を示したグラフを図2に示す。図2では、レーザ光 $L123$ の強度を基準とした場合における、各レーザ光 $L124 \sim L126$ の強度比率を示している。

この図2に示すように、上記の条件で4本のレーザ光 $L123 \sim L126$ を生成した場合、光の強度に17パーセント程度の差が生じてしまうことがわかる。BS104、105及び反射鏡106のそれぞれの誤差が小さいにも関わらず、これほどの強度差が生じてしまうのは、多重反射により製造誤差成分が蓄積してしまうためである。

本発明の目的は、上述したような従来技術が有する問題点を解消することができる新規な光照射装置を提供することにある。

本発明の他の目的は、1本のレーザ光を複数のレーザ光に分割する際に、分割された各レーザ光の強度を同一とする光照射装置を提供することにある。

本発明に係る光照射装置は、光ビームを透過及び反射して透過光及び反射光に分割する1以上の光分離面を有した光学構造とされ、1本の光ビームが入射され、入射された1本の光ビームを1以上の光分離面を経由させることによって n 本

(n は2以上の自然数)の光ビームを生成する第1の出射手段と、第1の出射手段と同一の光学構造とされ、1本の光ビームが入射され、入射された1本の光ビームを1以上の光分離面を経由させることによって n 本の光ビームを生成する第2の出射手段と、第1の出射手段から出射された n 本の光ビームと第2の出射手段から出射された n 本の光ビームとが入射され、互いの1本の光ビーム同士を合成して、 n 本の光ビームを出力する光合成手段とを備えている。

本発明に用いられる光合成手段は、第1の出射手段及び第2の出射手段により生成された各 n 本の光ビームに対して、その光ビームの生成経路中における反射及び透過により生じた光路長の短い順に、1番目から n 番目まで順位を付けたとき、第1の出射手段により生成された第 m 番目(m は1から n までの任意の整数)の光ビームと、第2の出射手段により生成された第 $(n - m + 1)$ 番目の光ビームとを同軸上に合成する。

本発明の更に他の目的、本発明によって得られる具体的な利点は、以下において図面を参照して説明される実施の形態の説明から一層明らかにされるであろう。

図面の簡単な説明

図1は、本発明に先行するレーザアニール装置の構成図である。

図2は、図1に示すレーザアニール装置で分割された4本のレーザ光の強度分布グラフを示す図である。

図3は、本発明の第1の実施の形態のレーザアニール装置の構成図である。

図 4 は、図 3 に示すレーザアニール装置の分割光学系及び合成光学系の構成図である。

図 5 は、分割光学系の一例を示す構成図である。

図 6 は、本発明に係るレーザアニール装置で分割された 8 本のレーザ光の強度分布グラフを示す図である。

図 7 は、本発明の第 2 の実施の形態のレーザアニール装置の構成図である。

図 8 は、図 7 に示すレーザアニール装置の第 1 の分割光学系の構成図である。

図 9 は、図 7 に示すレーザアニール装置の第 2 の分割光学系の構成図である。

図 10 は、本発明に係るレーザアニール装置に用いられるレンズアレイの一例を示す斜視図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明を適用したレーザアニール装置を、図面を参照しながら説明をする。なお、以下に説明する本発明に係るレーザアニール装置は、平板状のアニール対象物である基板にレーザ光を照射することによって、当該基板を熱処理する装置である。例えば、本発明に係るレーザアニール装置は、液晶表示装置、有機 EL 表示装置のスイッチング素子となる薄膜トランジスタのチャネル層の形成時に用いられる。すなわち、ガラス基板上に成膜されたアモルファスシリコン膜に対して熱処理をしてポリシリコン膜を形成する際に用いられる。

第 1 の実施の形態

まず、本発明の第 1 の実施の形態について説明する。このレーザアニール装置 10 は、図 3 に示すように、基板 11 を載置するステージ 12 と、レーザ光を出射する第 1 のレーザ光源 13 と、第 1 のレーザ光源 13 から出射されたレーザ光の光路上に設けられた第 1 のコリメータ 14 及び第 1 のアテネータ 15 と、第 1 のアテネータ 15 から出射されたレーザ光を n 本のレーザ光に分割する第 1 の光分割部 16 と、レーザ光を出射する第 2 のレーザ光源 17 と、第 2 のレーザ光源 17 から出射されたレーザ光の光路上に設けられた第 2 のコリメータ 18 及び第 2 のアテネータ 19 と、第 2 のアテネータ 19 から出射されたレーザ光を n 本の

レーザ光に分割する第2の光分割部20とを備えている。なお、 n は自然数である。

また、本発明に係るレーザアニール装置10は、第1の光分割部16及び第2の光分割部20から出射された各 n 本のレーザ光を混合して $(2 \times n)$ 本のレーザ光を出射する光合成部21と、 $(2 \times n)$ 個の凸レンズから構成され光合成部21から出射された $(2 \times n)$ 本のレーザ光が入射されるレンズアレイ22と、レンズアレイ22から出射された $(2 \times n)$ 本のレーザ光を基板11の所定の領域に導くコンデンサレンズ23とを備えている。

ステージ12は、平板状の基板11が載せられる平坦な主面を有している。ステージ11は、主面上に載せられた基板11を保持しながら、主面に平行な方向である図3中のX方向及びY方向に移動する。レーザアニール装置10では、ステージ12を移動させることによって、基板11とレーザ光の照射スポットとの相対位置を移動させることができる。つまり、ステージ12を移動させることによって、基板11上のアニールを行う位置を制御することができる。なお、ステージ12の移動制御は、図示しないコントローラにより行われる。

第1のレーザ光源13及び第2のレーザ光源17は、それぞれ1つの光束のレーザ光をパルス発振して出力する。レーザアニール装置10では、第1のレーザ光源13及び第2のレーザ光源17として固体レーザを採用している。固体レーザは、半導体を除く結晶やガラスなどの透明物質を母体材料とし、母体材料中に希土類イオンや遷移金属イオンなどをドープした固体レーザ材料を、光によって励起して、レーザビームを出射する装置である。ここで、固体レーザとしては、母体材料にガラスを用いて Nd^{3+} をドープしたガラスレーザや、ルビーに Cr^{3+} をドープしたルビーレーザ、イットリウムアルミニウムガーネット(YAG)に Nd^{3+} をドープしたYAGレーザ、さらに、それらのレーザの波長を非線形光学結晶を用いて波長変換したレーザなどを用いることができる。また、固体レーザに代えて、半導体レーザ等も用いてもよい。

第1のレーザ光源13と第2のレーザ光源17とは、同一波長のレーザ光を出射するが、異なるレーザ発振器となっており、両者から出射されたレーザ光は合成されたとしても干渉はしない。

第1のレーザ光源13から出射されたレーザ光は、第1のコリメータ14に入射される。第1のコリメータ14は、入射されたレーザ光を所定のビーム径の平行光束とする。第1のコリメータ14から出射されたレーザ光は、第1のアテネータ15に入射される。第1のアテネータ15は、入射されたレーザ光の強度を調整する。第1のアテネータ15から出射されたレーザ光は、第1の光分割部16に入射される。

第2のレーザ光源17から出射されたレーザ光は、第2のコリメータ18に入射される。第2のコリメータ18は、入射されたレーザ光を所定のビーム径の平行光束とする。第2のコリメータ18から出射されたレーザ光は、第2のアテネータ19に入射される。第2のアテネータ19は、入射されたレーザ光の強度を調整する。第2のアテネータ19から出射されたレーザ光は、第2の光分割部20に入射される。

以下、第1のアテネータ15から第1の光分割部16へ入射されるレーザ光を、レーザ光L11という。また、第2のアテネータ19から第2の光分割部20へ入射されるレーザ光を、レーザ光L12という。レーザ光L11とレーザ光L12とは、互いに強度及びビーム径が同一となるように、コリメータ14、18及びアテネータ15、19により調整されている。

第1の光分割部16は、入射されたレーザ光L11を分割して、等間隔に並んだn本の平行なレーザ光を出射する。第1の光分割部16から出射されるn本のレーザ光の光路は、例えば図3中のX方向に並んでいる。また、第1の光分割部16から出射されるn本のレーザ光は、互いに干渉性のないレーザ光とされている。例えば、第1の光分割部16では、レーザ光の分割を行うために形成された光路の長さが、出射する各レーザ光毎に異なっている。つまり、レーザ光L11の入射口から出射口までの光路の長さが、n本のレーザ光毎に全て異なっている。さらに、その各光路に第1のレーザ光源13により規定される可干渉距離以上の差がつけられている。このため、出射される各レーザ光は、互いに干渉性がない状態とされる。

なお、第1の光分割部16から出射されるn本のレーザ光は、その並びの順序に従い番号を付けて説明をする。例えば、第1の光分割部16から出射されるn

本レーザは、図3中X方向に並んでおり、X方向の一方から順番に1ずつ増加するように番号が付けられている。具体的には、X方向の一方から、第1番目のレーザ光をレーザ光L11-1とし、第2番目のレーザ光をレーザ光L11-2とし、第3番目のレーザ光L11-3とし、以下順次番号を付けていき、最後に第n番目のレーザ光をレーザ光L11-nとする。

第2の光分割部20は、入射されたレーザ光L12を分割して、等間隔に平行に並んだn本のレーザ光を出射する。第2の光分割部20から出射されるn本のレーザ光の光路は、例えば図3中のX-Z平面上に形成され、X方向に並んでいる。また、第2の光分割部20から出射されるn本のレーザ光は、互いに干渉性のないレーザ光とされている。例えば、第2の光分割部20では、レーザ光の分割を行うために形成された光路の長さが、出射する各レーザ光毎に異なっている。つまり、レーザ光L12の入射口から出射口までの光路の長さが、n本のレーザ光毎に全て異なっている。さらに、その各光路に第2のレーザ光源17により規定される可干渉距離以上の差がつけられている。このため、出射される各レーザ光は、互いに干渉性がない状態とされる。

なお、第2の光分割部20から出射されるn本のレーザ光は、その並びの順序に従い番号を付けて説明をする。例えば、第2の光分割部20から出射されるレーザ光は、図3中X方向に並んでおり、矢印X方向の一方から順番に1ずつ増加するように番号が付けられている。なお、番号を増加させていく方向は、第1の光分割部16に付けた番号の増加方向と同一とする。具体的には、X方向の一方から、第1番目のレーザ光をレーザ光L12-1とし、第2番目のレーザ光をレーザ光L12-2とし、第3番目のレーザ光L12-3とし、以下順次番号を付けていき、最後に第n番目のレーザ光をレーザ光L12-nとする。

ここで、第1の光分割部16と第2の光分割部20とは、互いに同一の光学部材を用い、その光学部材の内部の配置が同一である。

但し、第1の光分割部16と第2の光分割部20とは、出射するレーザ光の光軸方向に平行な軸を中心とし、その軸に対して180°反転された配置とされている。すなわち、第1の光分割部16と第2の光分割部20とは、図3中Z方向の軸を中心に180度反転した配置となっている。

このため、第1の光分割部16及び第2の光分割部20から出射されるレーザー光の関係が次のようになっている。すなわち、第1の光分割部16の第1番目のレーザー光 L_{11-1} を生成するために形成された第1の光分割部16内の光学経路と、第2の光分割部20の第 n 番目のレーザー光 L_{12-n} を生成するために形成された第2の光分割部20内の光学経路とが同じとなる。また、第1の光分割部16の第2番目のレーザー光 L_{11-2} を生成するために形成された第1の光分割部16内の光学経路と、第2の光分割部20の第 $(n-1)$ 番目のレーザー光 $L_{12-(n-1)}$ を生成するために形成された第2の光分割部20内の光学経路とが同じとなる。また、第1の光分割部16の第3番目のレーザー光 L_{11-3} を生成するために形成された第1の光分割部16内の光学経路と、第2の光分割部20の第 $(n-2)$ 番目のレーザー光 $L_{12-(n-2)}$ を生成するために形成された第2の光分割部20内の光学経路とが同じとなる。

つまり、第1の光分割部16の第 m (m は1以上 n 以下の整数) 番目のレーザー光 L_{11-m} を生成するために形成された第1の光分割部16内の光学経路と、第2の光分割部20の第 $(n-m+1)$ 番目のレーザー光 $L_{12-(n-m+1)}$ を生成するために形成された第2の光分割部20内の光学経路とが同じとなる。従って、第1の光分割部16の第 m 番目のレーザー光と、第2の光分割部20の第 $(n-m+1)$ 番目のレーザー光とは、入射されたレーザー光から同一の光学部材を通過して生成されることとなる。

なお、第1の光分割部16及び第2の光分割部20の具体的な構成例については、その詳細を後述する。

以上のような第1の光分割部16から出射された n 本のレーザー光 $L_{11-1} \sim L_{11-n}$ 、並びに、第2の光分割部20から出射された n 本のレーザー光 $L_{12-1} \sim L_{12-n}$ は、光合成部21に入射される。

光合成部21は、第1の光分割部16から出射された n 本のレーザー光 $L_{11-1} \sim L_{11-n}$ と、第2の光分割部20から出射された n 本のレーザー光 $L_{12-1} \sim L_{12-n}$ とを合成し、等間隔に平行に並んだ $(2 \times n)$ 本のレーザー光を出射する。光合成部21から出射される n 本のレーザー光は、例えば図3中のX方向に並んでいる。 $(2 \times n)$ 本のレーザー光の強度は全て同一である。

以下、光合成部 21 から出射された $(2 \times n)$ 本の出力レーザ光に対して、その並び順序に従い番号を付ける。具体的には、光合成部 21 から出力される第 1 番目のレーザ光をレーザ光 L 20-1 とし、第 2 番目のレーザ光をレーザ光 L 20-2 とし、第 3 番目のレーザ光 L 20-3 とし、第 n 番目のレーザ光をレーザ光 L 20- n とし、第 $(n+1)$ 番目のレーザ光を L 20- $(n+1)$ とし、第 $(n+n)$ 番目のレーザ光を L 20- $(n+n)$ とする。

なお、光合成部 21 の具体的な構成例については、その詳細を後述する。

光合成部 21 から出力された $(2 \times n)$ 本の出力レーザ光 (L 20-1 ~ L 20- $(n+n)$) は、レンズアレイ 22 に入射される。

レンズアレイ 22 は、光合成部 21 から出射される $(2 \times n)$ 本の出力レーザ光が並んでいる方向 (例えば図 3 中 X 方向) に等間隔に一行に配列された $(2 \times n)$ 個の凸レンズから構成されている。凸レンズの配列間隔は、光合成部 21 から出射される出力レーザ光の間隔と同一で、各凸レンズが各出力レーザ光の光軸上に設けられている。レンズアレイ 22 から出射された出力レーザ光は、一旦集光して、コンデンサレンズ 23 に入射される。

コンデンサレンズ 23 は、レンズアレイ 22 によって集光された $(2 \times n)$ 本の出力レーザ光を基板 11 上の所定の照射領域上に合成し、合成した光を基板 11 上に照射する。

以上のように構成されたレーザアニール装置 10 では、ステージ 12 上に基板 11 が載置され、その後、レーザアニール処理が開始される。レーザアニール装置 10 は、レーザアニール処理が開始されると、第 1 のレーザ光源 13 及び第 2 のレーザ光源 17 からパルスレーザが出射される。

第 1 のレーザ光源 13 から出射されたレーザ光は、第 1 のコリメータ 14、第 1 のアテネータ 15 及び第 1 の光分割部 16 を通過して、互いに干渉性がなく同一強度の n 本の平行光束とされる。第 2 のレーザ光源 17 から出射されたレーザ光は、第 2 のコリメータ 18、第 2 のアテネータ 19 及び第 2 の光分割部 20 を通過して、互いに干渉性がなく同一強度の n 本の平行光束とされる。

第 1 の光分割部 16 及び第 2 の光分割部 20 から出射されたそれぞれ n 本のレーザ光は、光合成部 21 により合成され、 $(2 \times n)$ 本の出力レーザ光とされる。

($2 \times n$) 本の出力レーザー光は、レンズアレイ 22 及びコリメータ 23 を介して合成され、基板 11 上の所定の領域に照射される。

そして、レーザーアニール装置 10 では、ステージ 12 を平行移動させて、平板状の基板 11 を、主面に対して平行な方向（図 3 中 X-Y 方向）に移動させ、基板 11 の全領域にレーザー光を照射してアニール処理を行う。

次に、第 1 の光分割部 16、第 2 の光分割部 20 及び光合成部 21 の構成についてさらに詳細に説明をする。なお、第 1 の光分割部 16 及び第 2 の光分割部 20 から出射されるレーザー光の本数を 4 本、つまり、 $n=4$ とした場合の第 1 の光分割部 16、第 2 の光分割部 20 及び光合成部 21 の構成を例にとって説明する。

図 4 に、 $n=4$ とした場合の第 1 の光分割部 16、第 2 の光分割部 20 及び光合成部 21 の構成を示す。また、図 5 に、 $n=4$ とした場合の第 1 の光分割部 16 の構成を示す。なお、第 1 の光分割部 16 及び第 2 の光分割部 20 に入射されるレーザー光 L11、L12 の入射方向を、Z 方向とする。この Z 方向は、ステージ 11 の主面に対して直交する方向である。また、第 1 の光分割部 16 及び第 2 の光分割部 20 から出射される各 4 本のレーザー光は、所定の方向に平行に並んで出射されるが、そのレーザー光の配列方向を、X 方向とする。なお、X 方向と Z 方向とは互いに直交する方向である。

第 1 の光分割部 16 は、図 4 及び図 5 に示すように、平面状の光分離面が Z 方向に並ぶように配置された第 1 のビームスプリッタ (BS) 31 及び第 2 の BS 32 を備えている。第 1 の BS 31 及び第 2 の BS 32 は、光分離面に入射されたレーザー光を透過及び反射し、2 つのレーザー光に分離する素子である。透過と反射の分離比率は、設計上は 1 : 1 となっている。

第 1 の光分割部 16 は、光反射面が第 1 の BS 31 及び第 2 の BS 32 の光分離面と平行とされ、第 1 の BS 31 及び第 2 の BS 32 と Z 方向に並んで配置されたミラー 33 を備えている。ミラー 33 は、平面状の光反射面に入射されたレーザー光を反射する素子である。ミラー 33 は、第 1 の BS 31 よりもレーザー光 L11 の入射側に配置されている。

第 1 の BS 31 及び第 2 の BS 32 の光分離面、並びに、ミラー 33 の光反射面は、X-Z 軸で形成される平面に対して垂直に配置され、且つ、入射されるレ

ーザ光 $L11$ の入射方向、すなわち、 X 方向に対して所定の角度 θ ($0^\circ < \theta < 90^\circ$) をもって配置されている。つまり、レーザ光 $L11$ は、第1のBS31及び第2のBS32の光分離面に対して入射角 θ で入射される。

第1のBS31は、第1のレーザ光 $L11-1$ の光軸上に配置されている。また、第2のBS32も、第1のレーザ光 $L11-1$ の光軸上に配置されている。また、第1のBS31は、入射光であるレーザ光 $L11$ のみが入射され、他の光が入射されないような配置及び大きさとなっている。第2のBS31は、第1のBS31の透過光、及び、ミラー33で反射された後の第1のBS31の反射光が入射され、他の光が入射されないような配置及び大きさとなっている。ミラー33は、第1のBS31の反射光、及び、第2のBS32の2つの反射光が入射され、入射光 $L11$ を遮らないような位置に配置され且つ大きさとなっている。

但し、第1のBS31とミラー33との間の距離 t_1 は、第1のレーザ光源13により設定されている可干渉距離を L としたとき、 $L/(2\cos\theta)$ 以上とされている。また、第1のBS31と第2のBS32との間の距離 t_2 も、第1のレーザ光源13により設定されている可干渉距離を L としたとき、 $L/(2\cos\theta)$ 以上とされている。

第1の光分割部16は、以上のような構成となっていることにより、 X 方向に平行に並んだ互いに干渉性のない4本のレーザ光を出射することができる。

具体的には、第1のレーザ光 $L11-1$ は、第1のBS31を透過並びに第2のBS32を透過する経路で生成される。第2のレーザ光 $L11-2$ は、第1のBS31を反射並びに第2のBS32を透過する経路で生成される。第3のレーザ光 $L11-3$ は、第1のBS31を透過並びに第2のBS32を反射する経路で生成される。第4のレーザ光 $L11-4$ は、第1のBS31を反射並びに第2のBS32を反射する経路で生成される。

第1の光分割部16から出射される4本のレーザ光は、互いに可干渉距離以上の光路を通過して生成されているので、合成されても干渉が生じない。

つまり、第1のレーザ光 $L11-1$ の光路の長さとは第2のレーザ光 $L11-2$ の光路の長さを比較すると、第1のBS31とミラー33との間の距離 t_1 が、可干渉距離を L としたとき、 $L/(2\cos\theta)$ 以上となっているので、第2のレーザ光

L 1 1 - 2 の光路の長さの方が可干渉距離 L 以上長くなる。第 2 のレーザ光 L 1 1 - 2 の光路の長さとは第 3 のレーザ光 L 1 1 - 3 の光路の長さを比較すると、第 1 の B S 3 1 と第 2 の B S 3 2 との間の距離 t_2 が、可干渉距離を L としたとき、 $L / (2 \cos \theta)$ 以上となっているので、第 3 のレーザ光 L 1 1 - 3 の光路の長さの方が可干渉距離以上長くなる。第 3 のレーザ光 L 1 1 - 3 の光路の長さとは第 4 のレーザ光 L 1 1 - 4 の光路の長さを比較すると、第 1 の B S 3 1 とミラー 3 3 との間の距離 t_1 が、可干渉距離を L としたとき、 $L / (2 \cos \theta)$ 以上となっているので、第 4 のレーザ光 L 1 1 - 4 の光路の長さの方が可干渉距離以上長くなる。

第 2 の光分割部 2 0 は、以上のような構成の第 1 の光分割部 1 6 と同一の光学部材を用いて、同一の配置構成とされている。

但し、第 2 の光分割部 2 0 は、図 4 に示すように、出力するレーザ光の出射方向（Z 方向）を軸として、 180° 軸反転した配置となっている。

従って、第 1 のレーザ光 L 1 2 - 1 は、第 1 の B S 3 1 を反射並びに第 2 の B S 3 2 を反射する経路で生成される。第 2 のレーザ光 L 1 1 - 2 は、第 1 の B S 3 1 を透過並びに第 2 の B S 3 2 を反射する経路で生成される。第 3 のレーザ光 L 1 1 - 3 は、第 1 の B S 3 1 を反射並びに第 2 の B S 3 2 を透過する経路で生成される。第 4 のレーザ光 L 1 1 - 4 は、第 1 の B S 3 1 を透過並びに第 2 の B S 3 2 を透過する経路で生成される。

光合成部 2 1 は、図 4 に示すように、入射されたレーザ光を反射及び透過して 2 つのレーザ光に分離するビームスプリッタ 3 4 を備えている。ビームスプリッタ 3 4 の光分離面は、X - Z 平面と直交している。ビームスプリッタ 3 4 の透過と反射の分離比率は、1 : 1 となっている。

第 1 の光分割部 1 6 から出射された 4 本のレーザ光（L 1 1 - 1 ~ L 1 1 - 4）は、ミラー 3 5 により反射された後、一方の面（以下、表面という。）からビームスプリッタ 3 4 に入射される。また、第 2 の光分割部 2 0 から出射された 4 本のレーザ光（L 1 2 - 1 ~ L 1 2 - 4）は、第 1 の光分割部 1 6 からのレーザ光が入射された面と反対側の面（以下、裏面という。）からビームスプリッタ 3 4 に入射される。

第 1 の光分割部 1 6 及び第 2 の光分割部 2 0 から出射された 8 本のレーザ光は、

全てビームスプリッタ 34 の光分割面と直交する平面、すなわち、X-Z 平面に沿って、当該ビームスプリッタ 34 に入射される。また、各レーザ光は、ビームスプリッタ 34 の光分離面に対して、所定の角度 ϕ ($0^\circ < \phi \leq 90^\circ$) で入射される。但し、第 1 の光分割部 16 から出射されたレーザ光 ($L11-1 \sim L11-4$) と、第 2 の光分割部 20 から出射されたレーザ光 ($L12-1 \sim L12-4$) との光軸は一致しないように入射される。

さらに、第 1 の光分割部 16 から出射された第 1 のレーザ光 $L11-1$ と、第 2 の光分割部 20 から出射された第 1 のレーザ光 $L12-1$ とは、ビームスプリッタ 34 の光分離面上の同一の位置（もっとも、表面と裏面との違いはある）に入射される。第 1 の光分割部 16 から出射された第 2 のレーザ光 $L11-2$ と、第 2 の光分割部 20 から出射された第 2 のレーザ光 $L12-2$ とは、ビームスプリッタ 34 の光分離面上の同一の位置に入射される。第 1 の光分割部 16 から出射された第 3 のレーザ光 $L11-3$ と、第 2 の光分割部 20 から出射された第 3 のレーザ光 $L12-3$ とは、ビームスプリッタ 34 の光分離面上の同一の位置に入射される。第 1 の光分割部 16 から出射された第 4 のレーザ光 $L11-4$ と、第 2 の光分割部 20 から出射された第 2 のレーザ光 $L12-4$ とは、ビームスプリッタ 34 の光分離面上の同一の位置に入射される。

従って、第 1 の光分割部 16 から出射された第 1 のレーザ光 $L11-1$ の反射光 ($L11-1_r$) と、第 2 の光分割部 20 から出射された第 1 のレーザ光 $L12-1$ の透過光 ($L12-1_t$) とが同軸上に合成され、出力光 $L20-1$ として出射される。第 1 の光分割部 16 から出射された第 2 のレーザ光 $L11-2$ の反射光 ($L11-2_r$) と、第 2 の光分割部 20 から出射された第 2 のレーザ光 $L12-2$ の透過光 ($L12-2_t$) とが同軸上に合成され、出力光 $L20-2$ として出射される。第 1 の光分割部 16 から出射された第 3 のレーザ光 $L11-3$ の反射光 ($L11-3_r$) と、第 2 の光分割部 20 から出射された第 3 のレーザ光 $L12-3$ の透過光 ($L12-3_t$) とが同軸上に合成され、出力光 $L20-3$ として出射される。第 1 の光分割部 16 から出射された第 4 のレーザ光 $L11-4$ の反射光 ($L11-4_r$) と、第 2 の光分割部 20 から出射された第 4 のレーザ光 $L12-4$ の透過光 ($L12-4_t$) とが同軸上に合成され、出力光 $L20-4$ として出

射される。

また、第1の光分割部16から出射された第1のレーザ光L11-1の透過光(L11-1_t)と、第2の光分割部20から出射された第1のレーザ光L12-1の反射光(L12-1_r)とが同軸上に合成され、出力光L20-5として出射される。第1の光分割部16から出射された第2のレーザ光L11-2の透過光(L11-2_t)と、第2の光分割部20から出射された第2のレーザ光L12-2の反射光(L12-2_r)とが同軸上に合成され、出力光L20-6として出射される。第1の光分割部16から出射された第3のレーザ光L11-3の透過光(L11-3_t)と、第2の光分割部20から出射された第3のレーザ光L12-3の反射光(L12-3_r)とが同軸上に合成され、出力光L20-7として出射される。第1の光分割部16から出射された第4のレーザ光L11-4の透過光(L11-4_t)と、第2の光分割部20から出射された第4のレーザ光L12-4の反射光(L12-4_r)とが同軸上に合成され、出力光L20-8として出射される。

なお、出力光L20-5～L20-8はミラー36により反射され、出力光L20-1～L20-4と平行とされて出射される。

以上のように、本発明に係るレーザアニール装置10では、第1の光分割部16と第2の光分割部20とが、互いに同一の光学部材を用い、その光学部材の内部の配置構成が同一となっている。また、第1の光分割部16と第2の光分割部20とが、出射するレーザ光の光軸方向を中心軸とし、その中心軸に対して互いに180°反転した配置となっている。さらに、第1の実施の形態のレーザアニール装置10では、光合成部21によって、第1の光分割部16の第m ($1 \leq m \leq n$) のレーザ光L11-mと第2の光分割部20の第mのレーザ光L12-m同士を合成している。

このように、本発明に係るレーザアニール装置10では、反射及び透過のパターンが互に対称となっている経路を通過して分離されたレーザ光同士を合成している。従って、第1の実施の形態のレーザアニール装置10では、製造誤差により、分離光学系のビームスプリッタに透過及び反射の分離割合の違いが生じてしまっているとしても、レーザ光の合成を行うことにより、誤差を相殺することができ

る。

例えば、図4に示した第1の光分割部16及び第2の光分割部20の第1のビームスプリッタ31及び第2のビームスプリッタ32の反射量及び透過量の比の誤差を2パーセントとし、ミラー33の反射率を99パーセントとした場合における、レーザ光L20-1～L20-8の強度を示したグラフを図6に示す。図6では、レーザ光L20-1の強度を基準とした場合における、各レーザ光L20-2～L20-8の強度比率を示している。

この図6に示すように、上記の条件で8本のレーザ光L20-1～L20-8を生成した場合、光の強度に1.1%程度の差しか生じないことがわかる。

なお、第1の光分割部16及び第2の光分割部20の具体例として、 $n=4$ とした場合の構成例を示したが、ビームスプリッタの数を増加させることにより、 $n=4$ 以外も同様の構成で実現できる。すなわち、ビームスプリッタの数を j 個(j は自然数)とした場合、 $n=2^j$ 本のレーザ光を出射することができる。

第1の光分割部16及び第2の光分割部20によって分割されるレーザビームの数を n とし、 i 番目に配置されるビームスプリッタをBS i とし、 i の最大値、すなわち、光分割部に備えられるBSの数を k とすると、 n と k との関係は、以下の式2に示すとおりとなる。

$$n = 2^k \quad \dots (2)$$

また、第 i 番目のBS i においてレーザビームが透過及び反射する回数 m と i との関係は、以下の式3に示すとおりとなる。

$$m = 2^{(i-1)} \quad \dots (3)$$

また、BS i での透過率 T は、以下の式4に示すとおりとなる。

$$T = 0.5^i \quad \dots (4)$$

さらにまた、BS i での反射率 R は、以下の式5に示すとおりとなる。

$$R = 0.5^i \quad \dots (5)$$

また、出力される n 本レーザビームを互いに干渉をしないインコヒーレントな光とするためには、各ビームスプリッタ及び反射鏡を次のように配置をする必要がある。

ここで、各ビームスプリッタへのレーザビームの入射角を θ とし、レーザビー

μの可干渉距離をLとする。

1 番目のビームスプリッタと、反射鏡との距離 t_0 は、次の式 6 に示すとおりに設定をする。

$$t_0 \geq L / (2 \cos \theta) \quad \dots (6)$$

また、第 1 番目に配置されるビームスプリッタ BS 1 と、第 j 番目に配置されるビームスプリッタ BS (j) との間の距離 $t_{(j-1)}$ を、次の式 7 に示すとおりに設定をする。なお、j は、2 から k までの整数である。

$$t_j \geq ((2^{(j-1)} - 1) L / (2 \cos \theta)) \quad \dots (7)$$

また、さらに、各ビームスプリッタ間、並びに、ビームスプリッタと反射鏡との間に、屈折率 n の媒質を設けた場合、出力される n 本レーザビームを互いに干渉をしないインコヒーレントな光とするためには、各ビームスプリッタ及び反射鏡を次のように配置をする必要がある。

1 番目のビームスプリッタと、反射鏡との距離 t_0 は、次の式 8 に示すとおりに設定をする。

$$t_0 \geq L / (2 n \cos \theta) \quad \dots (8)$$

また、第 1 番目に配置されるビームスプリッタ BS 1 と、第 j 番目に配置されるビームスプリッタ BS (j) との間の距離 $t_{(j-1)}$ を、次の式 9 に示すとおりに設定をする。なお、j は、2 から k までの整数である。

$$t_j \geq (2^{(j-1)} - 1) L / (2 n \cos \theta) \quad \dots (9)$$

このようにビームスプリッタを配置することによって、1 本のレーザビームを、互いにインコヒーレントであり且つ強度が同一の n 本の平行なレーザビームに分割することができる。

第 2 の実施の形態

次に、本発明の第 2 の実施の形態に係るレーザアニール装置について説明する。なお、本発明の第 2 の実施の形態のレーザアニール装置を説明するにあたり、上述した第 1 の実施の形態と共通する部分には、共通の符号を付してさらなる詳細な説明を省略する。

本発明の第 2 の実施の形態のレーザアニール装置 40 は、図 7 に示すように、基板 11 を載置するステージ 12 と、レーザ光を出射する第 1 のレーザ光源 13

と、第1のレーザ光源13から出射されたレーザ光の光路上に設けられた第1のコリメータ14及び第1のアテネータ15と、レーザ光を出射する第2のレーザ光源17と、第2のレーザ光源17から出射されたレーザ光の光路上に設けられた第2のコリメータ18及び第2のアテネータ19とを備えている。

図7に示す本発明に係るレーザアニール装置40は、第1のアテネータ15から出射されたレーザ光を図7中X方向の水平方向に2本のレーザ光に分割する第1の水平光分割部41と、第2のアテネータ19から出射されたレーザ光を水平方向に2本のレーザ光に分割する第2の水平光分割部42と、第1の水平光分割部41により分割された2本のレーザ光を図7中Y方向の垂直方向に4分割して合計8本のレーザ光を出力する第1の垂直光分割部43と、第2の水平光分割部42により分割された2本のレーザ光を垂直方向に4分割して合計8本のレーザ光を出力する第2の垂直光分割部44と、第1の垂直光分割部43及び第2の垂直光分割部44から出射された各8本のレーザ光を混合して16本のレーザ光を出射する光合成部45と、16個の凸レンズから構成され光合成部45から出射された16本のレーザ光が入射されるレンズアレイ46と、レンズアレイ46から出射された16本のレーザ光を基板11の所定の領域に導くコンデンサレンズ23とを備えている。

第1のアテネータ15から出射されたレーザ光は、第1の水平光分割部41に入射され、第2のアテネータ19から出射されたレーザ光は第2の水平光分割部42に入射される。

第1の水平光分割部41は、入射されたレーザ光をX方向に分割して、等間隔に平行に並んだ2本のレーザ光を出射する。第1の水平光分割部41から出射される2本のレーザ光の光路は、例えば図7中のX方向に並んでいる。また、第1の水平光分割部41から出射される2本のレーザ光は、互いに干渉性のないレーザ光とされている。例えば、第1の水平光分割部41では、レーザ光の分割を行うために形成された光路の長さが、出射する各レーザ光毎に異なっている。つまり、レーザ光の入射口からレーザ光の出射口までの光路の長さが、2本のレーザ光毎に全て異なっている。さらに、その各光路に第1のレーザ光源13により規定される可干渉距離以上の差がつけられている。第1の水平光分割部41は、例

えば、図5に示した光分割部16のビームスプリッタ32を取り除いた構成で実現することができる。

第2の水平光分割部42は、入射されたレーザ光をX方向に分割して、等間隔に平行に並んだ2本のレーザ光を出射する。第2の水平光分割部42から出射される2本のレーザ光の光路は、例えば図7中のX方向に並んでいる。また、第2の水平光分割部42から出射される2本のレーザ光は、互いに干渉性のないレーザ光とされている。例えば、第2の水平光分割部42では、レーザ光の分割を行うために形成された光路の長さが、出射する各レーザ光毎に異なっている。つまり、レーザ光の入射口からレーザ光の出射口までの光路の長さが、2本のレーザ光毎に全て異なっている。さらに、その各光路に第2のレーザ光源17により規定される可干渉距離以上の差がつけられている。第2の水平光分割部42は、例えば、図7に示した光分割部16のビームスプリッタ32を取り除いた構成で実現することができる。

ここで、第1の水平光分割部41と第2の水平光分割部42とは、互いに同一の光学部材を用い、その光学部材の内部の配置が同一である。但し、第1の水平光分割部41と第2の水平光分割部42とは、出射するレーザ光の光軸方向を中心とし、その軸対象となった配置とされている。すなわち、第1の水平光分割部41と第2の水平光分割部42とは、図7中Z方向のレーザ光の出射方向に対して180°の軸回転した配置となっている。

第1の水平光分割部41から出射された2本のレーザ光は、第1の垂直光分割部43に入射され、第2の水平光分割部42から出射された2本のレーザ光は第2の垂直光分割部44に入射される。

第1の垂直光分割部43は、図7中X方向に平行に並んだ2本のレーザ光のそれぞれを独立に図7中Y方向に4分割して出力する。従って、第1の垂直光分割部43からは、合計8本のレーザ光が出射される。第1の垂直光分割部43から出射される8本のレーザ光は、図7中X方向に2列、図7中Y方向に4列並んだマトリクス状とされている。また、第1の垂直光分割部43から出射される8本のレーザ光は、互いに干渉性のないレーザ光とされている。例えば、レーザ光の入射口からレーザ光の出射口までの光路の長さが、垂直方向のレーザ光毎に全て

異なっている。さらに、その各光路に第1のレーザ光源13により規定される可干渉距離以上の差がつけられている。第1の垂直光分割部43は、例えば、図7に示した光分割部16をZ方向を中心に90度回転させたもので実現することができる。

第2の垂直光分割部44は、図7中X方向に平行に並んだ2本のレーザ光のそれぞれを独立に図7中Y方向に4分割して出力する。従って、第2の垂直光分割部44からは、合計8本のレーザ光が出射される。第2の垂直光分割部44から出射される8本のレーザ光は、図7中X方向に2列、図7 Y方向に4列並んだマトリクス状とされている。また、第2の垂直光分割部44から出射される8本のレーザ光は、互いに干渉性のないレーザ光とされている。例えば、レーザ光の入射口からレーザ光の出射口までの光路の長さが、垂直方向のレーザ光毎に全て異なっている。さらに、その各光路に第2のレーザ光源17により規定される可干渉距離以上の差がつけられている。第2の垂直光分割部44は、例えば、図7に示した光分割部16を図7中Z方向を中心に-90度回転させたもので実現することができる。

ここで、図8に第1の水平光分割部41、第1の垂直光分割部43及び光合成部45を図7中X方向から見た図を示し、図9に第2の水平光分割部42、第2の垂直光分割部44及び光合成部45を図7中X方向から見た図を示す。図8及び図9に示すように、第1の垂直光分割部43と第2の垂直分割部44とは、互いに同一の光学部材を用い、その光学部材の内部の配置が同一である。但し、第1の垂直光分割部43と第2の垂直分割部44とは、出射するレーザ光の光軸方向に平行な軸を中心とし、その軸に対して180°反転した配置とされている。

第1の垂直光分割部43及び第2の垂直分割部44から出射されたそれぞれ8本のレーザ光は、光合成部45に入射される。

光合成部45は、第1の垂直光分割部43から出射された8本のレーザ光と、第2の垂直光分割部44から出射された8本のレーザ光とを混合し、X方向の水平方向4列、Y方向の垂直方向4列に並んだマトリクス状のレーザ光群を出射する。光合成部45から出射される16本のレーザ光は、その強度が全て同一である。この光合成部45の構成は、上述した光合成部21と同一の構成である。但

し、第1の実施の形態では、X方向に1列に並んだレーザ光を合成するものであったが、第2の実施の形態では、マトリクス状に並んだレーザ光が入射されるので、光分離面に8本分のレーザ光を照射できるだけの十分な大きさを持たせる必要がある。

光合成部45は、入射されたレーザ光を反射及び透過して2つのレーザ光に分離するビームスプリッタ34を備えている。ビームスプリッタ34の光分離面は、X-Z平面と直交している。ビームスプリッタ34の透過と反射の分離比率は、1:1となっている。

第1の垂直光分割部43から出射された8本のレーザ光は、ミラー35により反射された後、一方の面（以下、表面という。）からビームスプリッタ34に入射される。また、第2の垂直光分割部44から出射された8本のレーザ光は、第1の垂直光分割部43からのレーザ光が入射された面と反対側の面（以下、裏面という。）からビームスプリッタ34に入射される。

第1の垂直光分割部43及び第2の垂直光分割部44から出射された合計16本のレーザ光は、ビームスプリッタ34の光分離面に対して、所定の角度 ϕ （ $0^\circ < \phi < 90^\circ$ ）で入射される。但し、第1の垂直光分割部43から出射されたレーザ光と、第2の垂直光分割部44から出射されたレーザ光との光軸は一致しないように入射される。

さらに、第1の垂直光分割部43から出射された（s，t）の位置のレーザ光と、第2の垂直光分割部44から出射された（s，t）の位置のレーザ光とは、ビームスプリッタ34の光分離面上の同一の位置（もっとも、表面と裏面との違いはある）に入射される。ここで、（s，t）は、 2×4 のマトリクス状のレーザ光の位置を示す。なお、s，tは、それぞれ $s = 1, 2$ 、 $t = 1, 2, 3, 4$ の値をとる。つまり、マトリクス内で同一位置のレーザ光同士が、同軸上に合成されることとなる。

光合成部45から出力された16本の出力レーザ光は、レンズアレイ46に入射される。

レンズアレイ46は、図10に示すようなマトリクス状に配列された16個の凸レンズから構成されている。凸レンズの配列間隔は、光合成部45から出射さ

れる出力レーザ光の間隔と同一で、各凸レンズが各出力レーザ光の光軸上に設けられている。レンズアレイ 4 6 から出射された出力レーザ光は、一旦集光して、コンデンサレンズ 2 3 に入射される。

コンデンサレンズ 2 3 は、レンズアレイ 4 6 によって集光された 1 6 本の出力レーザ光を合成して、基板 1 1 上の所定の照射領域に集光する。

以上のような構成を備えた本発明に係るレーザアニール装置 4 0 では、レーザ光の分割を 2 次元的に行っている。この場合でも、第 1 の水平光分割部 4 1 と第 2 の水平光分割部 4 2 との関係、第 1 の垂直光分割部 4 3 と第 2 の垂直光分割部 4 4 との関係が、互いに同一の光学部材を用い、その光学部材の内部の配置構成が同一となっている。さらに、出射するレーザ光の光軸方向を中心軸とし、その中心軸に対して互いに 180° 反転した配置となっている。さらに、第 2 の実施の形態のレーザアニール装置 4 0 では、光合成部 4 5 によって、第 1 の垂直光分割部 4 3 から出射されたレーザ光と第 2 の垂直光分割部 4 4 から出射されたレーザ光とを、マトリクス状における同一の位置のレーザ光同士を合成している。

すなわち、第 2 の実施の形態のレーザアニール装置 4 0 では、相対する経路を通過して分離されたレーザ光同士を合成している。

従って、図 7 に示す本発明に係るレーザアニール装置 4 0 では、設計誤差により、分離光学系のビームスプリッタに透過及び反射の分離割合の違いが生じてしまっても、レーザ光の合成を行うことにより、誤差を相殺することができる。

なお、本発明は、上述の例に限定されるものではなく、添付の請求の範囲及びその主旨を逸脱することなく、様々な変更、置換又はその同等のものを行うことができることは当業者にとって明らかである。

産業上の利用可能性

本発明に係る光照射装置は、相対する光学経路をたどった光ビーム同士を合成するので、分割経路上で生じる誤差成分が相殺され、光合成手段から出力される複数の光ビームの強度を同一とすることができる。

請求の範囲

1. 光ビームを透過及び反射して透過光及び反射光に分割する1以上の光分離面を有した光学構造とされ、1本の光ビームが入射され、入射された1本の光ビームを上記1以上の光分離面を経由させることによって n 本（ n は2以上の自然数）の光ビームを生成する第1の出射手段と、

上記第1の出射手段と同一の光学構造とされ、1本の光ビームが入射され、入射された1本の光ビームを上記1以上の光分離面を経由させることによって n 本の光ビームを生成する第2の出射手段と、

上記第1の出射手段から出射された n 本の光ビームと上記第2の出射手段から出射された n 本の光ビームとが入射され、互いの1本の光ビーム同士を合成して、 n 本の光ビームを出力する光合成手段とを備え、

上記光合成手段は、上記第1の出射手段及び第2の出射手段により生成された各 n 本の光ビームに対して、その光ビームの生成経路中における反射及び透過により生じた光路長の短い順に、1番目から n 番目まで順位を付けたとき、第1の出射手段により生成された第 m 番目（ m は1から n までの任意の整数）の光ビームと、第2の出射手段により生成された第 $(n-m+1)$ 番目の光ビームとを同軸上に合成することを特徴とする光照射装置。

2. 上記光合成手段は、入射された光ビームを反射及び透過して2本の光ビームに分割するビーム分割面を有し、上記ビーム分割面には、一方の面側から第1の出射手段から出射された n 本の光ビームが入射され、上記一方の面の裏面側となる他方の面側から第2の出射手段から出射された n 本の光ビームが入射され、

第1の出射手段の m 番目の光ビームの透過光と第2の出射手段の $(n-m+1)$ 番目の光ビームの反射光とを同軸上に合成し、

第1の出射手段の m 番目の光ビームの反射光と第2の出射手段の $(n-m+1)$ 番目の光ビームの透過光とを同軸上に合成することを特徴とする請求の範囲第1項記載の光照射装置。

3. 上記第1の出射手段は、上記ビーム分割面に対して垂直な平面上に平行に並んだ n 本の光ビームを、上記ビーム分割面に対して出射し、

上記第2の出射手段は、上記第1の出射手段から出射された n 本の光ビームが並んでいる平面と同一の平面上に、平行に並んだ n 本の光ビームを、上記ビーム分割面に対して出射することを特徴とする請求の範囲第2項記載の光照射装置。

4. 上記第1及び第2の出射手段に含まれる光分割光学系は、

入射された光ビームを透過及び反射して透過光及び反射光の2つの光ビームに分離するとともに当該反射光を上記光合成手段のビーム分割面に垂直な平面上に沿って出射する光分離面を有し、当該光分離面が平行に並べられた1番目から j （但し、 $n = 2^j$ であり、 j は1以上の自然数）番目までの j 個のビームスプリッタと、

入射された光ビームを反射する光反射面を有し、当該光反射面が各ビームスプリッタの光分離面と平行とされ、全てのビームスプリッタからの反射光が当該光反射面に入射される位置に配置された反射鏡とを備え、

1番目のビームスプリッタは、1本の光ビームが入射され、1本の透過光及び1本の反射光を出射し、

$k+1$ （但し、 k は、1以上（ $j-1$ ）以下の整数）番目のビームスプリッタは、 k 番目のビームスプリッタの $2^{(k-1)}$ 本の透過光が入射されるとともに k 番目のビームスプリッタの $2^{(k-1)}$ 本の反射光が上記反射鏡によって反射された後に入射され、 2^k 本の透過光及び 2^k 本の反射光を出射し、

j 番目のビームスプリッタは、 $2^{(j-1)}$ 本の透過光を外部に出射し、 $2^{(j-1)}$ 本の反射光を上記反射鏡に出射し、

上記反射鏡は、 j 番目のビームスプリッタの $2^{(j-1)}$ 本の反射光を反射して外部に出射し、

上記 k 番目のビームスプリッタの光分離面と（ $k+1$ ）番目のビームスプリッタの光分離面の間の距離、並びに、各ビームスプリッタの光分離面と反射鏡の光反射面との間の距離は、光源から出射される光ビームのそれぞれの光路の光路長の差が可干渉距離より大きくなるように調整されていることを特徴とする請求の範囲第1項記載の光照射装置。

5. 1個目のビームスプリッタの光分離面と（ $k+1$ ）個目のビームスプリッタの光分離面との間の距離も k は、各ビームスプリッタに入射されるレーザビーム

の入射角を θ 、上記レーザ光源から出射されるレーザビームの可干渉距離を L 、各光分離面間の媒質の屈折率を n としたとき、 $(2^{(j-1)} - 1) \times L / (2 \cos \theta)$ 以上とされ、

1個目のビームスプリッタの光分離面と上記反射鏡の光反射面の間の距離は、各ビームスプリッタに入射されるレーザビームの入射角を θ 、上記レーザ光源から出射されるレーザビームの可干渉距離を L 、1個目のビームスプリッタの光分離面と上記反射鏡の光反射面との間の媒質の屈折率を n としたとき、 $L / (2 n \cos \theta)$ 以上とされていることを特徴とする請求の範囲第3項記載の光照射装置。

6. 上記第1の出射手段の光分割光学系と上記第2の出射手段の光分割光学系とは、第1及び第2の出射手段から出射された n 本の光ビームの配列方向に対して互いに反転した配置とされていることを特徴とする請求の範囲第5項記載の光照射装置。

7. 上記ビームスプリッタの光分離面で分離された反射光及び透過光は、光強度の比が1 : 1であることを特徴とする請求の範囲第5項記載の光照射装置。

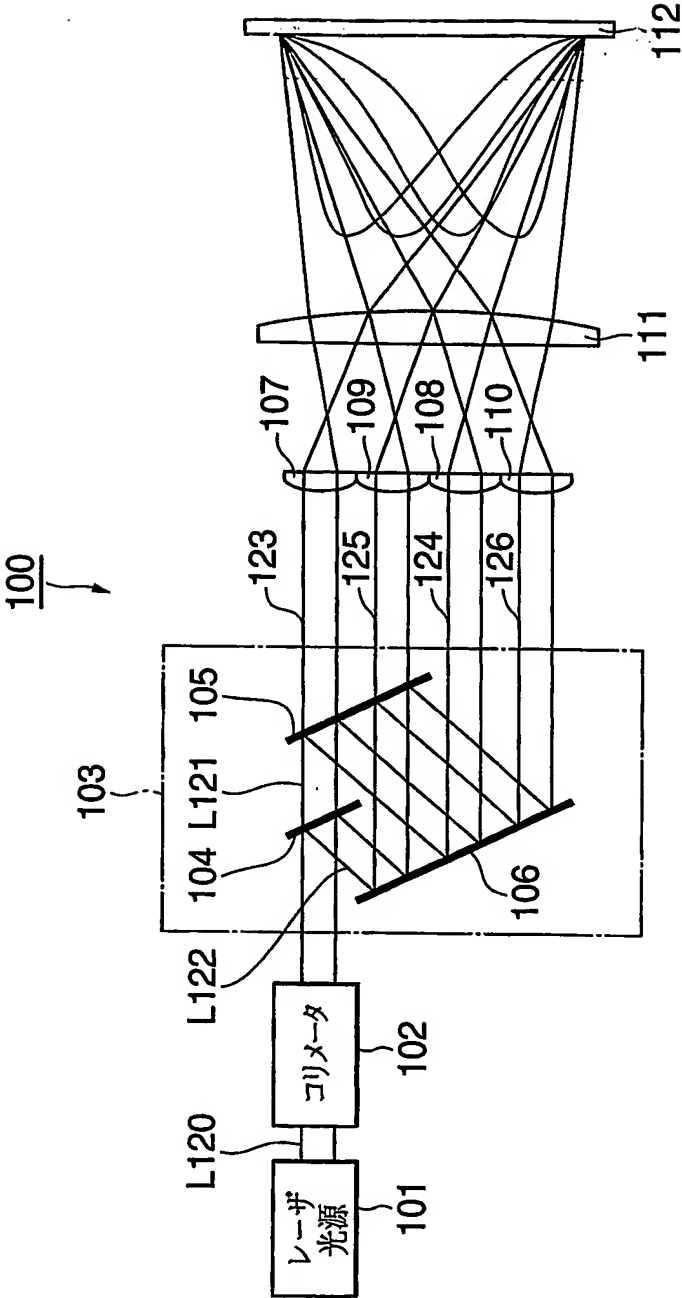


FIG.1

2/9

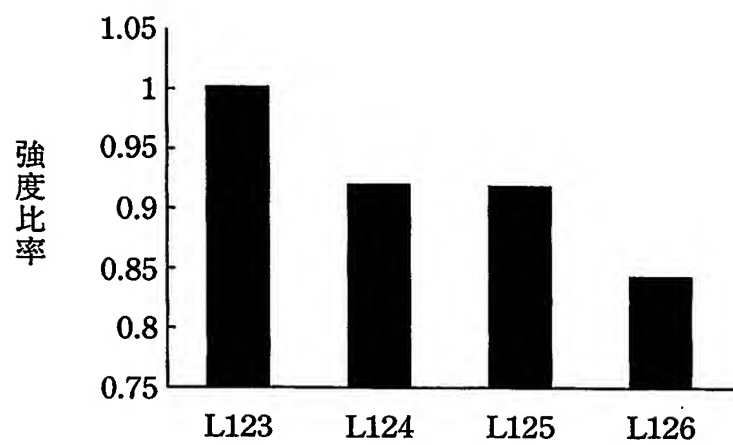


FIG.2

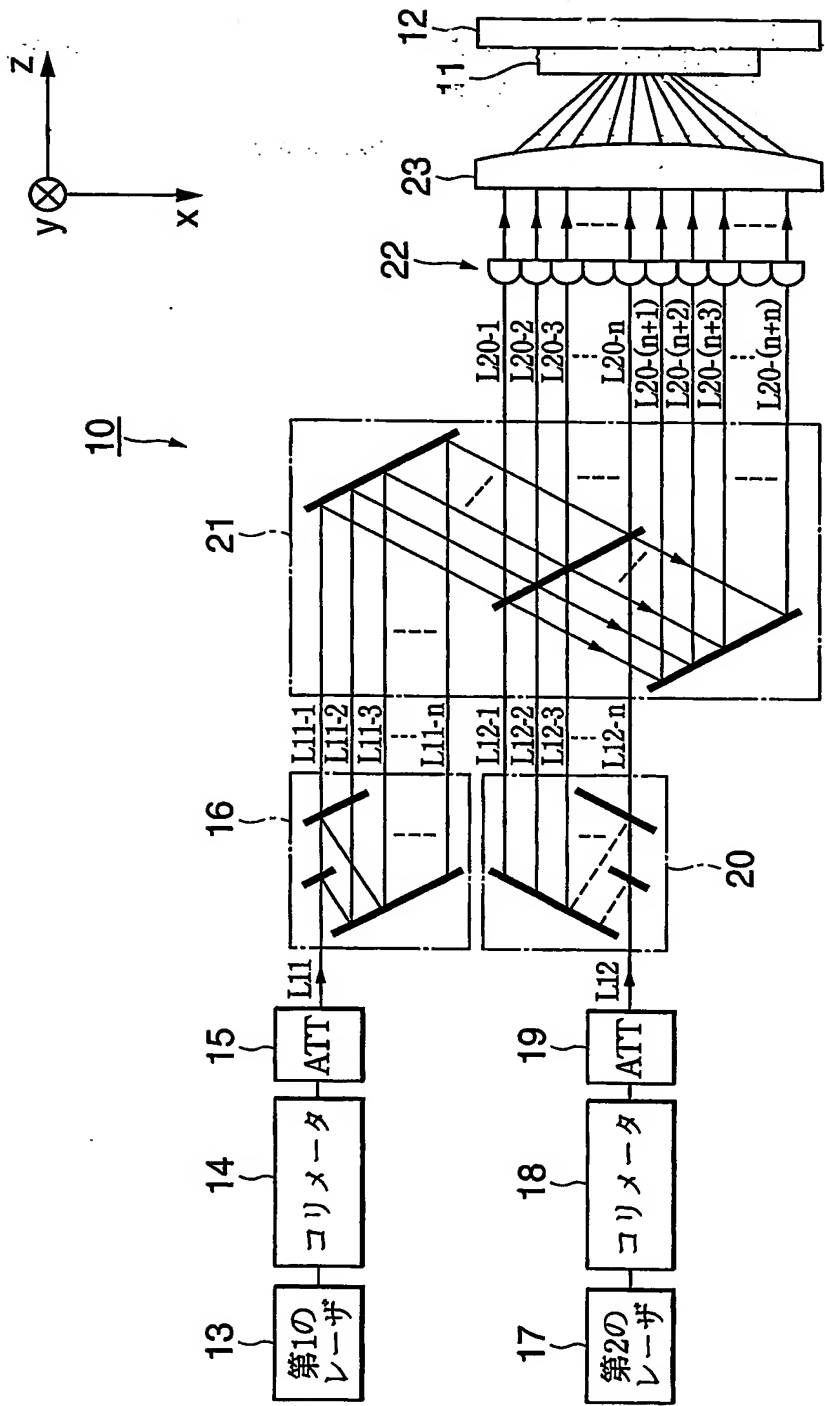


FIG.3

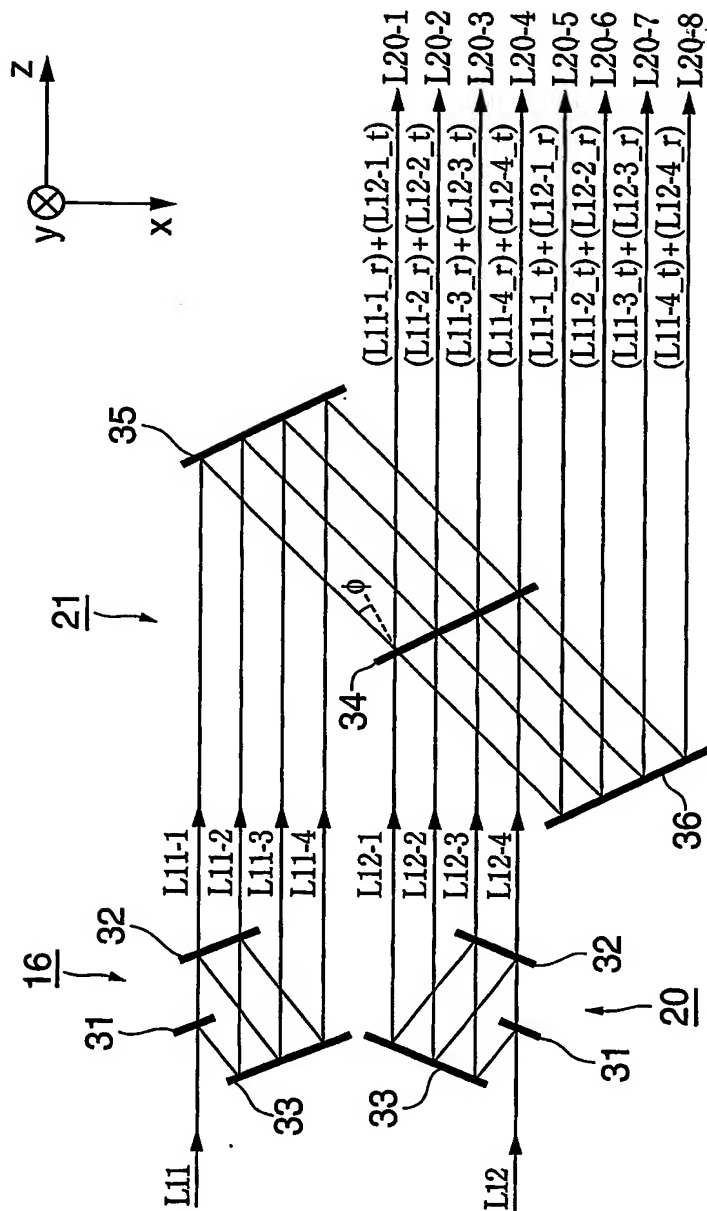


FIG. 4

5/9

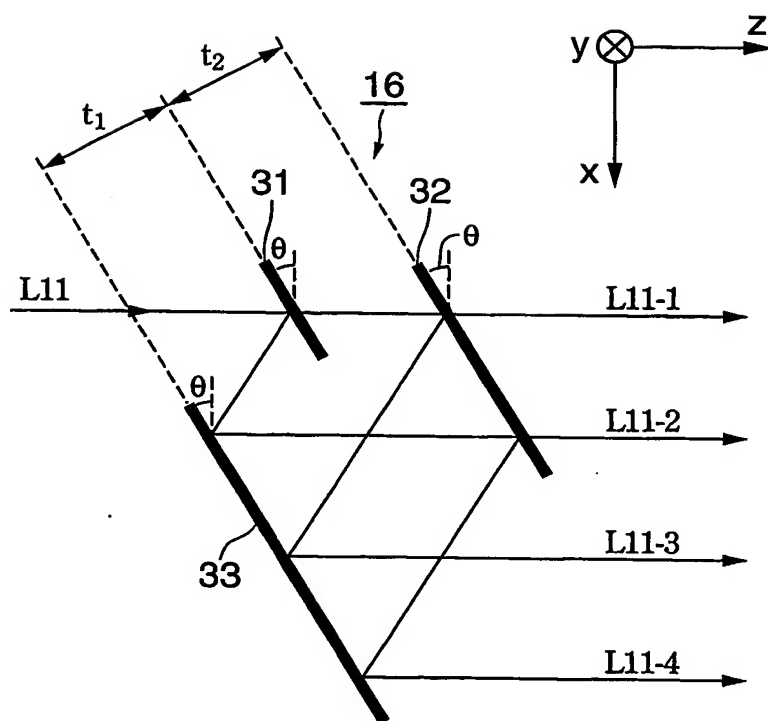


FIG.5

6/9

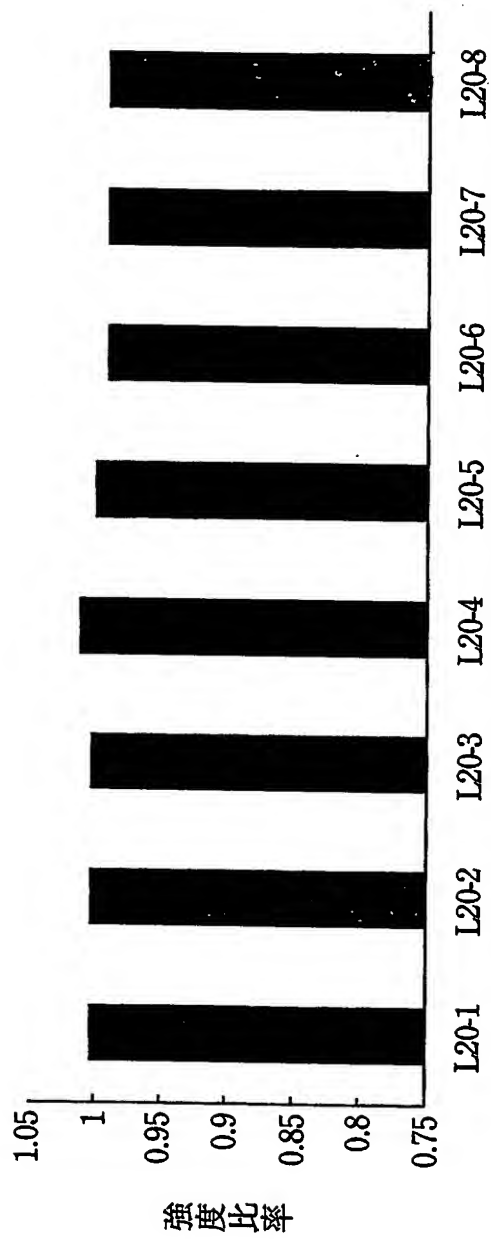


FIG.6

7/9

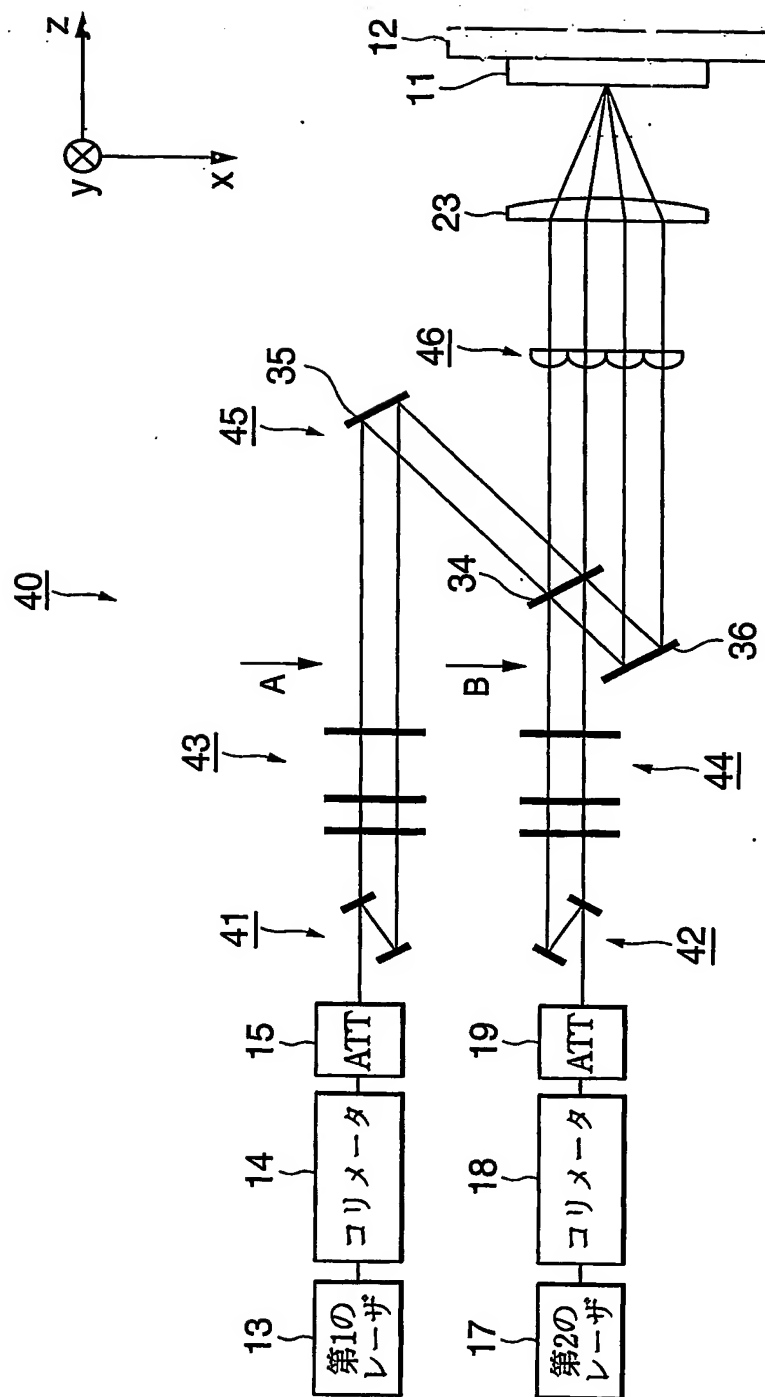


FIG.7

8/9

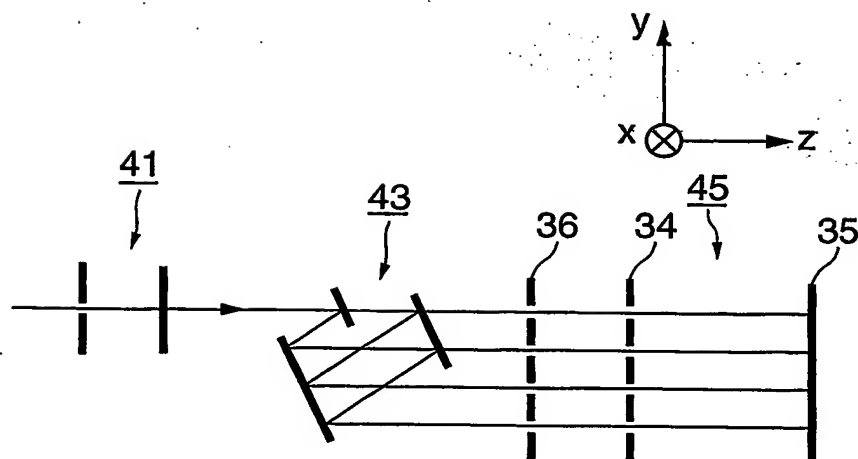


FIG. 8

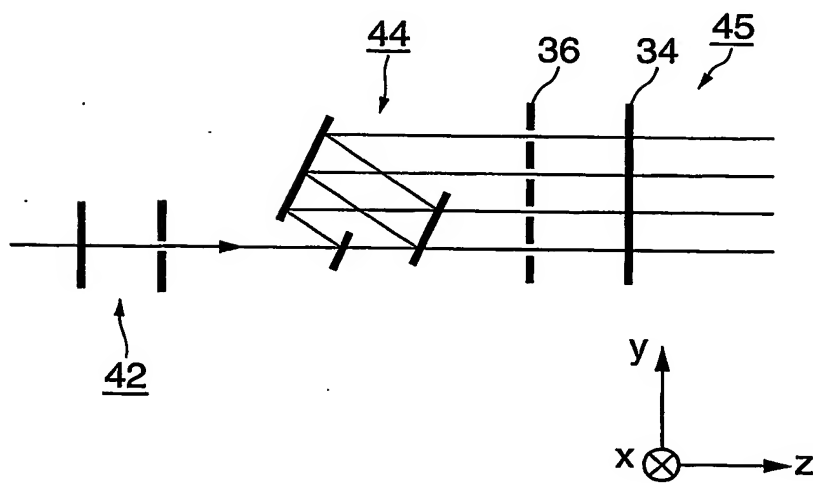


FIG. 9

9/9

46
↓

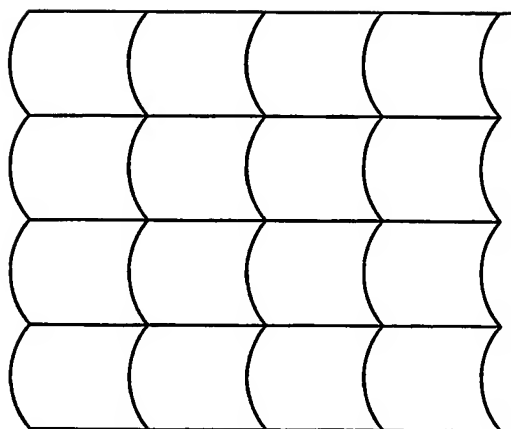


FIG.10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP03/13648

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl. H01L21/268, H01L21/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. H01L21/26-21/268, H01L21/322-21/326, H01L21/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5003543 A (CALIFORNIA JAMAR, INC.), 26 March, 1991 (26.03.91), Full text; Figs. 1 to 19 & JP 5-506748 A Full text; Figs. 1 to 19 & WO 91/11043 A1	1-7
A	JP 5-341232 A (Fujitsu Ltd.), 24 December, 1993 (24.12.93), Full text; Figs. 1 to 6 (Family: none)	1-7
A	JP 2001-185504 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 06 July, 2001 (06.07.01), Full text; Figs. 1 to 2 (Family: none)	1-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
22 December, 2003 (22.12.03)

Date of mailing of the international search report
20 January, 2004 (20.01.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/13648

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 1-148485 A (Tokyo Electron Ltd.), 09 June, 1989 (09.06.89), Full text; Figs. 1 to 5 (Family: none)	1-7
A	US 5071225 A (HOYA CORP.), 10 December, 1991 (10.12.91), Full text; Figs. 1 to 4 & JP 3-203715 A Full text; Figs. 1 to 4 & GB 2240403 A & DE 4042296 A	1-7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L21/268, H01L21/20

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L21/26-21/268, H01L21/322-21/326,
H01L21/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	US 5003543 A (CALIFORNIA JAMAR, INCORPORATED) 1991. 03. 26, 全文, 第1-19図 & JP 5-506748 A, 全文, 第1-19図 & WO 91/11043 A1	1-7
A	JP 5-341232 A (富士通株式会社) 1993. 12. 24, 全文, 第1-6図 (ファミリーなし)	1-7

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

22. 12. 03

国際調査報告の発送日

20.01.04

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

萩原 周治

4L

9835

電話番号 03-3581-1101 内線 3496

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2001-185504 A (三洋電機株式会社) 2001. 07. 06, 全文, 第1-2図 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 1-148485 A (東京エレクトロン株式会社) 1989. 06. 09, 全文, 第1-5図 (ファミリーなし)	1-7
A	US 5071225 A (HOYA CORPORATION) 1991. 12. 10, 全文, 第1-4図 & JP 3-203715 A, 全文, 第1-4図 & GB 2240403 A & DE 4042296 A	1-7